

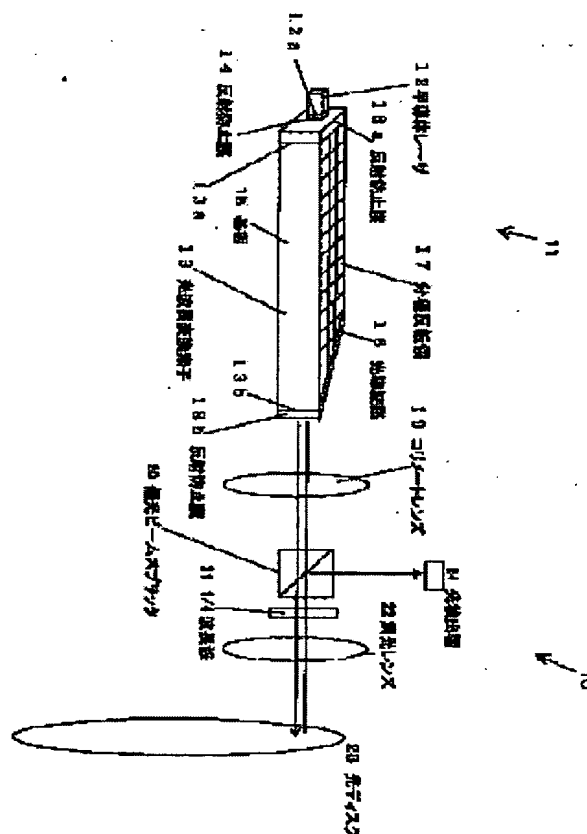
# COHERENT LIGHT SOURCE AND OPTICAL DEVICE

**Patent number:** JP2003043536  
**Publication date:** 2003-02-13  
**Inventor:** MIZUUCHI KIMINORI; YAMAMOTO KAZUHISA;  
 KASASUMI KENICHI; KITAOKA YASUO  
**Applicant:** MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
 - international: **G02F1/377; G11B7/125; G11B7/135; H01S5/028;  
 H01S5/125; G02F1/35; G11B7/125; G11B7/135;  
 H01S5/00; (IPC1-7): G02F1/377; G11B7/125;  
 G11B7/135; H01S5/028; H01S5/125**  
 - european:  
**Application number:** JP20010233224 20010801  
**Priority number(s):** JP20010233224 20010801

Report a data error here

## Abstract of JP2003043536

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a coherent light source and an optical device in which noise is reduced. **SOLUTION:** In a coherent light source 11 provided with a semiconductor laser 12 and with an optical wavelength conversion element 13 and in an optical device 10, an anti-reflection film 14 for harmonic converted by the optical wavelength conversion element 13 is formed on an exit end face 12a of the semiconductor laser 12. Thus, reflected light on the incidence end face 12a of the semiconductor laser 12 of the semiconductor laser 12 is reduced. Interference between light emitted from the semiconductor laser and the reflected light therefore is reduced to reduce the noise generated by them.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-43536

(P2003-43536A)

(43) 公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)	
G 0 2 F	1/377	G 0 2 F	1/377	2 K 0 0 2
G 1 1 B	7/125	G 1 1 B	7/125	A 5 D 1 1 9
	7/135		7/135	Z 5 F 0 7 3
H 0 1 S	5/028	H 0 1 S	5/028	
	5/125		5/125	

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-233224(P2001-233224)

(22) 出願日 平成13年8月1日 (2001.8.1)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 水内 公典

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 和久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

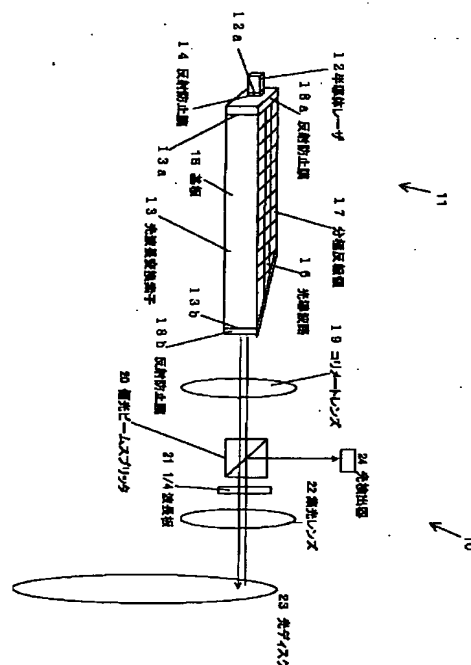
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コヒーレント光源及び光学装置

(57) 【要約】

【課題】 ノイズを低減できるコヒーレント光源および光学装置を提供することである。

【解決手段】 半導体レーザ12と光波長変換素子13とを備えたコヒーレント光源11および光学装置10において、半導体レーザ12の出射端面12aに、光波長変換素子13で変換された高調波に対する反射防止膜14を形成する。半導体レーザ12の入射端面12aでの反射光の発生を減少できる。そのため、半導体レーザ12から発振される光と反射光との干渉を減少でき、これらによるノイズの発生を減少できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】波長  $\lambda_1$  の半導体レーザと、  
前記半導体レーザの出射光を波長  $\lambda_s$  の光に変換する波  
長変換素子からなるコヒーレント光源において、  
前記半導体レーザの出射端面に、前記波長  $\lambda_s$  の光に対  
する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒーレント  
光源。

【請求項 2】前記光波長変換素子の入射端面または前記  
光波長変換素子の出射端面の少なくともいずれかに、波  
長  $\lambda_s$  に対する反射防止膜を備えたことを特徴とする請  
求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 3】波長  $\lambda_1$  の半導体レーザと、  
前記半導体レーザの出射光を波長  $\lambda_s$  の光に変換する波  
長変換素子からなるコヒーレント光源において、  
前記光波長変換素子の入射端面または前記光波長変換素  
子の出射端面の少なくともいずれかに、波長  $\lambda_1$  および  
 $\lambda_s$  に対する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒ  
ーレント光源。

【請求項 4】前記光波長変換素子の入射端面または前記  
光波長変換素子の出射端面の少なくともいずれかに、波  
長  $\lambda_1$  および  $\lambda_s$  に対する反射防止膜を備えたことを特  
徴とする請求項 1 記載のコヒーレント光源。

【請求項 5】前記光波長変換素子の出射端面を、前記光  
波長変換素子の導波路に対して斜めに形成したことを特  
徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のコヒ  
ーレント光源。

【請求項 6】前記半導体レーザの出射部近傍が、前記波  
長  $\lambda_s$  の光を吸収する物質からなることを特徴とする請  
求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のコヒーレント光  
源。

【請求項 7】前記半導体レーザがグレーティング構造を  
備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のい  
ずれかに記載のコヒーレント光源。

【請求項 8】前記半導体レーザと前記光波長変換素子が  
直接結合されている請求項 1 から請求項 7 のいずれかに  
記載のコヒーレント光源。

【請求項 9】前記半導体レーザの出射端面に形成した反  
射防止膜の前記波長  $\lambda_s$  の光に対する反射率を 1% 以下  
にしたことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれ  
かに記載のコヒーレント光源。

【請求項 10】半導体レーザが波長の異なる 2 つ以上の  
半導体レーザであり、前記半導体レーザの出射光、波長  
 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_n$  を波長  $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_{sn}$  の光に変換する波長変換素子からなるコヒーレント光  
源において、少なくともいずれか一つの前記半導体レー  
ザの出射端面に、少なくともいずれか一つの前記波長  $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ 、 $\dots$ 、 $\lambda_{sn}$  の光に対する反射防止膜を備え  
たことを特徴とするコヒーレント光源。

【請求項 11】請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記  
載のコヒーレント光源と、前記コヒーレント光源から出

射する光を略平行にするコリメート光学系とを少なくと  
も具備する光学装置であって、前記コリメート光学系は  
前記光波長変換素子からの出射光分布の中心に配置され  
ることを特徴とする光学装置。

【請求項 12】請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記  
載のコヒーレント光源と、前記コヒーレント光源からの  
出射光を被観測物体上に集光する集光光学系とを少なく  
とも具備し、前記光波長変換素子と被観測物体とが共焦  
点の関係にあることを特徴とした光学装置。

【請求項 13】前記被観測物体が光ディスクであることを  
特徴とする請求項 12 記載の光学装置。

【請求項 14】請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記  
載のコヒーレント光源と、光ファイバーを具備し、前記  
コヒーレント光源から出射した光が前記光ファイバーに  
入射している光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波長変換素子を  
応用したコヒーレント光源および、これを利用した光情  
報処理、光応用計測制御分野に使用される光学装置に関  
する。

## 【0002】

【従来の技術】光情報記録、再生装置ではより短波長の  
光源を用いることで高密度化が実現できる。例えば、従  
来より普及しているコンパクトディスク装置では 780  
nm の近赤外光を用いるのに対し、より高密度の情報再  
生を実現したデジタルバーサタイルディスク (DVD)  
では 650 nm の赤色半導体レーザが用いられている。  
またさらに高密度な次世代光ディスク装置を実現するた  
め、さらに短波長な青色レーザ光源の開発が盛んに行わ  
れている。例えば、小型かつ安定な青色レーザ光源とし  
て非線形光学物質を用いた波長変換素子が開発されてい  
る。

【0003】図 5 は 2 次高調波発生素子 (以下 SHG 素  
子と略す) を用いた青色レーザ光源 101 の一例の概略  
図である。まず図 5 に沿って、青色レーザ光源 101 を  
備えた光学装置 102 について説明する。青色レーザ光  
源 101 は、SHG 素子 103 と半導体レーザ 104 を  
含む。

【0004】SHG 素子 103 は、基板 105 を有す  
る。基板 105 上にはプロトン交換法によって幅約 3 ミ  
クロン、深さ約 2 ミクロンの高屈折率領域が形成され、  
光導波路 106 として働く。半導体レーザ 104 から出  
射された波長 850 nm の赤外光は SHG 素子 103 の  
入射端面に集光され、SHG 素子 103 上の光導波路 1  
06 内を伝搬して基本波導波光となる。基板 105 を構  
成するニオブ酸リチウム結晶は、大きな非線形光学定数  
を持ち、基本波の電界から波長が 2 分の 1 に変換された  
波長 425 nm の高調波導波光が励起される。また、基  
本波と高調波の伝搬定数差を補償するために導波路上に

は周期的に分極反転領域107が形成され、光導波路106全域にわたって励起される高調波はコヒーレントに足し合わされて、光導波路106出射端から出射される。

【0005】ここで、基本波と高調波の伝搬定数差を正確に補償するためには、基本波の波長を正確に一定に保つ必要があり、半導体レーザ104は温度等による波長変動が極めて小さいDBRレーザが用いられる。DBRレーザは波長変動が小さいばかりでなく、単一波長で発振するためコヒーレンスが高くかつRINノイズが低いという特長を併せ持つ。

【0006】次に図5に示したSHG素子103を備えた光学装置102の動作の様子を説明する。光学装置102は、コリメートレンズ108、偏光分離ビームスプリッタ109、1/4λ波長板110、集光レンズ111、光検出器112を含む。

【0007】SHG素子103から出射された高調波青色光はコリメートレンズ108、偏光分離ビームスプリッタ109、1/4λ波長板110、集光レンズ111を通過して光ディスク113上に集光される。光ディスク113によって変調された光は偏光分離ビームスプリッタ109で反射され、光検出器112に導かれ再生信号を得る。このとき、SHG素子103からは紙面に平行な直線偏光が出射されるが、4分の1波長板110を往復して紙面に垂直な偏光となり、光ディスク113からの反射光は偏光ビームスプリッタ109で全て反射され青色レーザ光源101側には戻らない構成となっている。

【0008】しかし、現実の光ディスク113の基材は複屈折性を持つため、光ディスク113で発生した不要偏光成分が偏光ビームスプリッタ109を通過して青色レーザ光源101側に戻る可能性がある。

【0009】光ディスク113再生中には、集光レンズ111は光ディスク113上に正確に焦点を合わせるように位置制御される。そのためSHG素子103の出射側端面と光ディスク113とは共焦点光学系を形成し、光ディスク113からの反射光は正確にSHG素子103の出射側端面に集光される。

【0010】このように反射光が青色レーザ光源101に帰還されると、ノイズが生じる。従来より、ノイズを回避する様々な技術が提案されていた。例えば半導体レーザを高周波信号で変調することで複数の縦モードを生じさせたり、半導体レーザに自励発振を起こさせて同じく複数縦モード発振を実現する方法である。また、光通信の分野では半導体レーザからの光を光ファイバに集光する際両者の間に磁気光学効果を用いた光アイソレータを挿入するのが一般的である。或いは光ファイバや光導波路の入射側端面を斜めに研磨して反射光を斜めに反射させ、半導体レーザに戻らないようにする方法が特開平5-323404号公報などに開示されている。

【0011】これらの技術は半導体レーザ光源内部に帰還される戻り光による雑音を低減するものであるが、我々は図5に示した導波型SHG素子103を用いた光ピックアップの再生実験を行い、従来の戻り光誘起雑音とは異なるメカニズムで発生するノイズを見出した。即ち、光導波路106の出射側端面に集光された戻り光が光導波路106の出射側端面で反射されて光導波路106内部から出射される光と干渉して生じる干渉ノイズである。この干渉効果によって光ディスク113側からは青色レーザ光源101の出力光パワーが変化するように見え、光ディスク113の再生信号が低周波ノイズで変調されて信号劣化となる。半導体レーザ104での戻り光誘起雑音が半導体レーザ104内部の光と戻り光の相互作用で発生するのに対して、上述の干渉ノイズは青色レーザ光源101からの出射光と戻り光の干渉によって発生する点異なる。また、さらに詳細な検討によって、外部光学系からの戻り光の一部は導波型光デバイス103の光導波路106内に再度導波光として励起され、光導波路106の入射側端面で反射されて同様に干渉ノイズの原因となる。

【0012】以上述べたように、導波型光デバイス103を用いた光学系には2種の異なるノイズ、即ち、光源101から出射された光が反射されて光源101の出射端に戻り、光源外部の光学系で干渉を起こす低周波の干渉ノイズと、半導体レーザ104内部に起因するモードホップノイズが存在する。後者のモードホップノイズを低減する方法は種々の技術が提案されているが、前者の光源101の外部での干渉ノイズは今まであまり注目されることがなく、これを根本的に解決する方法は提案されていなかった。

【0013】この干渉ノイズの発生に着目して、さらに詳細な検討を行った。干渉ノイズは、光源101および、光学系における戻り光が、さらに光源のいずれかの面において反射されることによって発生する。戻り光の反射光点となる要因について検討したところ、以下の2点での反射の可能性が考えられた。

①光導波路106出射端面での反射

②光導波路106入射端面での反射

そこで、図6、図7で示すように、①の反射を低減するため、光導波路106の出射端面を斜めに形成する構成が採用された。さらに②の反射を低減するため、光導波路106の入射端面に高調波に対する反射防止膜114を形成して、光導波路106の入射端面での反射を防止した。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図6、図7で示す、従来の光源101及び光学装置102では、SHG素子103の入射端面および出射端面での反射を大幅に低減しても、光導波路106と結合している半導体レーザ104の出射端面において、高調波が反射されるた

め、干渉ノイズが完全に無くならないことが明らかになった。この反射を防止しないと、干渉ノイズは完全になくならず、低ノイズ光学系の実現が困難になる。また、半導体レーザ104から出射した基本波が、SHG素子103の入射端面またはその出射端面で反射される。これらの反射により生じた戻り光によるノイズが生じる。

【0015】本発明は、ノイズを低減することを目的とし、その影響なく低ノイズなコヒーレント光源及び光学装置を実現することを課題とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、波長 $\lambda_1$ の半導体レーザと、前記半導体レーザの出射光を波長 $\lambda_s$ の光に変換する波長変換素子からなるコヒーレント光源において、前記半導体レーザの出射端面に、前記波長 $\lambda_s$ の光に対する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒーレント光源である。

【0017】本発明は、記光波長変換素子の入射端面または前記光波長変換素子の出射端面の少なくともいずれかに、波長 $\lambda_s$ に対する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒーレント光源である。

【0018】本発明は、波長 $\lambda_1$ の半導体レーザと、前記半導体レーザの出射光を波長 $\lambda_s$ の光に変換する波長変換素子からなるコヒーレント光源において、前記光波長変換素子の入射端面または前記光波長変換素子の出射端面の少なくともいずれかに、波長 $\lambda_1$ および $\lambda_s$ に対する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒーレント光源である。

【0019】本発明は、前記光波長変換素子の入射端面または前記光波長変換素子の出射端面の少なくともいずれかに、波長 $\lambda_1$ および $\lambda_s$ に対する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒーレント光源である。

【0020】本発明は、前記光波長変換素子の出射端面を、前記光波長変換素子の導波路に対して斜めに形成したことを特徴とするコヒーレント光源である。

【0021】本発明は、前記半導体レーザの出射部近傍が、前記波長 $\lambda_s$ の光を吸収する物質からなることを特徴とするコヒーレント光源である。

【0022】本発明は、前記半導体レーザがグレーティング構造を備えていることを特徴とするコヒーレント光源である。

【0023】本発明は、前記半導体レーザと前記光波長変換素子が直接結合されているコヒーレント光源である。

【0024】本発明は、前記半導体レーザの出射端面に形成した反射防止膜の前記波長 $\lambda_s$ の光に対する反射率を1%以下にしたことを特徴とするコヒーレント光源である。

【0025】本発明は、前記波長 $\lambda_s$ の光に対し、前記反射防止膜の反射率が1%以下であるコヒーレント光源である。

【0026】本発明は、半導体レーザが波長の異なる2つ以上の半導体レーザであり、前記半導体レーザの出射光、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…、 $\lambda_n$ を波長 $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ …、 $\lambda_{sn}$ の光に変換する波長変換素子からなるコヒーレント光源において、少なくともいずれか一つの前記半導体レーザの出射端面に、少なくともいずれか一つの前記波長 $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ 、…、 $\lambda_{sn}$ の光に対する反射防止膜を備えたことを特徴とするコヒーレント光源である。

10 【0027】本発明は、コヒーレント光源と、前記コヒーレント光源から出射する光を略平行にするコリメート光学系とを少なくとも具備する光学装置であって、前記コリメート光学系は前記導波型光デバイスからの出射光分布の中心に配置されることを特徴とする光源である。

【0028】本発明は、コヒーレント光源と、前記コヒーレント光源からの出射光を被観測物体上に集光する集光光学系とを少なくとも具備し、前記導波型光デバイスと被観測物体とが共焦点の関係にあることを特徴とした光学装置である。

20 【0029】本発明は、半導体レーザと波長変換素子からなるコヒーレント光源において、半導体レーザの光( $\lambda_1$ )を波長変換素子により波長( $\lambda_s$ )の光に波長変換する構成において、半導体レーザの出射端面に、前記 $\lambda_s$ の光に対し反射防止膜を備えるという簡単な構成により、コヒーレント光源を用いて構成する光学系における戻り光の影響を効果的に低減することができるという作用を有する。

【0030】原理的には、波長変換素子から出射された波長 $\lambda_s$ の光が、光学系内の何らかの反射により光導波路内に入射された場合、前記半導体レーザの出射端面に反射防止膜を備えることで、戻り光となった波長 $\lambda_s$ の光の反射を防止する。これによって戻り光が再び反射されて、光学系内で干渉ノイズとなることを防止できる。

30 【0031】本発明の光学装置は、半導体レーザと導波型光デバイスからなるコヒーレント光源と、前記光導波路デバイスからの出射光を被観測物体上に集光する集光光学系とを少なくとも具備し、前記導波型光デバイスと被観測物体とが共焦点の関係にあることを特徴とした光学装置であって、外部光学系からの戻り光が導波路端面で反射されて出射光と干渉することを防ぎ、干渉ノイズのない安定な光源を提供し、半導体レーザの出射端面に設けた反射防止膜により、外部光学系からの戻り光が導波路の入射側端面まで戻って反射することを防止するという作用を有する。

【0032】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）図1、図2に本発明の光学装置10を示す。光学装置10は、コヒーレント光源11を含む。コヒーレント光源11は、半導体レーザ12、光波長変換素子13で構成される。

50 【0033】半導体レーザ12は、基本波（波長820nm）を出射する。そして、光波長変換素子13で波長

変換された光である高調波（波長410nm）に対する反射防止膜14が、半導体レーザ12の出射端面12aに形成される。反射防止膜14は屈折率が高い材料と、低い材料からなる多層膜である。そのため、反射防止膜14は、外部から戻ってくる高調波に対する反射防止特性と、半導体レーザ12の発振効率を高めるため、基本波の反射率を制御する特性とを備える。例えば、高屈折率材料としては、Si、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、ZnO等を用いる。屈折率の低い材料としては、SiO<sub>2</sub>、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を用いる。反射防止膜14の高調波に対する反射率を1%以下に設定する。

【0034】半導体レーザ12は、温度等による波長変動を調節するDBR部（図示せず。）が形成される。DBR部は、グレーティング構造である。半導体レーザ12と光波長変換素子13とは直接接合される。

【0035】光波長変換素子13は図1、図2、図3で示すように、基板15を有し、基板15上にはプロトン交換法によって幅約3ミクロン、深さ約2ミクロンの高屈折率領域が形成され、光導波路16として働く。半導体レーザ12から出射された基本波は光波長変換素子13の入射端面13aに集光され、光波長変換素子13の光導波路16内を伝搬する。基板15を構成するニオブ酸リチウム結晶は、大きな非線形光学定数を持ち、基本波の電界から波長が2分の1に変換された波長の高調波導波光が励起される。また、基本波と高調波の伝搬定数差を補償するために光導波路16上には周期的に分極反転領域17が形成され、光導波路16全域にわたって励起される高調波はコヒーレントに足し合わされて、光波長変換素子13の出射端から出射される。

【0036】そして、光波長変換素子13の出射端面13aは光導波路16に対して傾斜して形成される。そのため、光波長変換素子13から出射される光は、光導波路16に対して斜めに射出される。

【0037】そして、光波長変換素子13の入射端面13aと出射端面13bには、基本波および高調波のそれぞれに対する多層膜からなる反射防止膜18a、18bが形成される。光波長変換素子13の入射端面13aに形成される反射防止膜18aの材料は、基本波の吸収率が小さいものを用いることが望ましい。また、光波長変換素子13の出射端面13bに形成される反射防止膜18bの材料は、高調波に対する吸収率が小さい材料が好ましい。

【0038】また、図1、図2に示すように、光学装置10は、コヒーレント光源11から出射する光を略平行にするコリメート光学系であるコリメートレンズ19を含む。また、光学装置10は、偏光ビームスプリッタ20、1/4λ波長板21、集光レンズ22を含む。また、コリメートレンズ19、集光レンズ22とは、コヒーレント光源11からの出射光を光ディスク23上に集

光する集光光学系という。

【0039】光波長変換素子13から出射される光は光導波路16に対して斜め射出されるため、コリメートレンズ19は光波長変換素子13からの出射光分布の中心に配置する。また、光ディスク23の表面と光波長変換素子13の出射端面13bとは共焦点の関係にある。

【0040】半導体レーザ12から出射された光は、光波長変換素子13、コリメートレンズ19、偏光ビームスプリッタ20、1/4λ波長板21、および集光レンズ23を通して光ディスク22の表面に集光される。

【0041】この際、半導体レーザ12から出射した基本波λ1が光波長変換素子13に入射する際に、光波長変換素子13の入射端面13aに基本波λ1が照射される。しかし、光波長変換素子13の入射端面13aに反射防止膜18aが形成されているので、光波長変換素子13の入射端面13aでの反射を防止でき、この部分での戻り光の発生を減少できる。そのため、基本波λ1の半導体レーザ12の活性層内への帰還を減少でき、この戻り光によるノイズの発生を減少できる。

【0042】また、本発明は、コヒーレント光源11の小型化を図るために、半導体レーザ12と光波長変換素子13を直接結合した構成を取っている。このとき、半導体レーザ12と光波長変換素子13の結合効率を高めるために、半導体レーザ12と光波長変換素子13の入射端面13aとの距離は制御される。この距離が5μm以上になると1dB以上の結合損失が発生する。光波長変換素子13の入射端面13aに反射防止膜18aを形成することにより、半導体レーザ12と光波長変換素子13の光導波路16との距離は縮まり、結合効率の向上を図ることもできる。

【0043】また、基本波λ1が光波長変換素子13から出射する際に、光波長変換素子13の出射端面13bに基本波λ1が照射される。しかし、光波長変換素子13の出射端面13bに反射防止膜18bが形成されているので、光波長変換素子13の出射端面13bでの反射を減少でき、この部分での戻り光の発生を減少できる。そのため、基本波λ1の半導体レーザ12の活性層内への帰還を減少でき、この戻り光によるノイズの発生を減少できる。さらに、光導波路16の出射端面を斜めに形成しているため、出射端面で反射された基本波λ1は、光導波路上には進まない。

【0044】本発明のコヒーレント光源11のもう一つの特徴は、共焦点光学系から基本波λ1に対する戻り光が非常に少ない点にある。本発明のコヒーレント光源11は変換されたλsの利用を主体とするため、共焦点光学系はλsに対して構成される。このため、λ1の光は光学系の色収差により共焦点系の条件からずれるため、外部からコヒーレント光源11にλ1の光が帰還する割合は非常に小さくなる。その結果、光導波路16の出射端面から半導体レーザ12へ帰還する戻り光は-40dB

B以下に低減可能となるので、この戻り光によるノイズは生じにくい。

【0045】光ディスク23で反射された高調波は $1/4\lambda$ 波長板21で偏光を回転させられ、偏光ビームスプリッタ20で反射されて、光検出器24に導かれ、信号が検出される。

【0046】しかしながら、外部のいずれかの場所で反射された光が、コヒーレント光源11に戻る場合がある。例えば、光ディスク23の複屈折等により $1/4\lambda$ 波長板21による偏光が不十分で有った場合、高調波の一部は偏光ビームスプリッタ20を透過して光波長変換素子13に戻る。

【0047】コヒーレント光源11に外部から高調波 $\lambda_s$ の光が帰還した場合、高調波 $\lambda_s$ は光波長変換素子13の射出端面13bに照射される。しかし、光波長変換素子13の射出端面13bには、反射防止膜18bが形成されているので、光波長変換素子13の射出端面13bでの反射を防止でき、この部分での反射光の発生を減少できる。そのため、光波長変換素子13から射出した高調波 $\lambda_s$ と反射光との干渉を減少でき、これらの干渉により生じるノイズである干渉ノイズの発生を減少できる。また、この反射防止膜13bにより、基本波から高調波への波長変換効率を向上できる。

【0048】さらに、光導波路16の射出端面を斜めに形成しているので、射出端面で反射された高調波 $\lambda_s$ は、光導波路16上には進まない。そのため、光波長変換素子13から射出される光と反射光との干渉を減少でき、ノイズの発生を減少できる。

【0049】光波長変換素子13の射出面13bから入射した高調波 $\lambda_s$ は、光波長変換素子13の入射端面13aに照射される。しかし、光波長変換素子13の入射端面13aには、反射防止膜18aが形成されているので、光波長変換素子13の入射端面13aでの反射を防止でき、この部分での反射光の発生を減少できる。そのため、光波長変換素子13に入射される光と反射光との干渉を減少でき、これらの光によるノイズの発生を減少できる。

【0050】さらに、高調波 $\lambda_s$ は、半導体レーザ12の入射端面12aに照射される。しかし、半導体レーザ12の入射端面12aには、反射防止膜14が形成されているので、半導体レーザ12の入射端面12aでの反射を防止でき、この部分での反射光の発生を減少できる。そのため、半導体レーザ12から発振される光と反射光との干渉を減少でき、これらによるノイズの発生を減少できる。半導体レーザ12は屈折率が3以上あり、大きなフレネル反射を有する。このため、従来において、半導体レーザ12の射出端面12aでの反射光と半導体レーザ12の射出光との干渉によるノイズの問題が解消できた。

【0051】さらに、半導体レーザ12内に入射した $\lambda_s$

$s$ の光が反射しないためには、半導体レーザ12の射出端面12aの近傍において $\lambda_s$ を吸収する構成が望ましい。 $\lambda_s$ が $\lambda_1$ より短い場合は、半導体レーザ12自体が $\lambda_s$ を吸収する。半導体レーザ12の射出端面12aに形成した反射防止膜14を通過した光は、半導体レーザ12の射出端面12aのごく近傍で急激に吸収される。さらに、第3高調波、第4高調波等の $\lambda_1$ に対し波長がより小さくなる場合は同様に戻り光ノイズが低減される。

【0052】 $\lambda_s$ が $\lambda_1$ より大きい場合は、 $\lambda_s$ が半導体レーザ12で吸収されないため、 $\lambda_s$ の光を吸収する構造が必要である。例えば、半導体レーザ12の射出部端面12aと反射防止膜14の間に、高調波を吸収する吸収膜（図示せず。）を設けることで、反射防止膜14を通った高調波は吸収され、干渉ノイズが低減できる。高調波は半導体レーザ12から射出する光と波長が異なるため、半導体レーザ12の射出光に対しては影響を与えず、高調波を吸収する構造は容易に形成できる。特に、高調波の波長が半導体レーザ12から射出する光に比べて小さい場合は、吸収膜の選定は容易である。例えばSi、Bi、O<sub>3</sub>の使用が可能である。また、反射防止膜14の材料に、半導体レーザ12から射出する光を吸収せず、高調波を吸収する材料を用いてもよい。また、ロス構造等を用いてもよい。

【0053】本発明の構成の特徴は以下の2点である。第1点は、半導体レーザ12の戻り光ノイズを低減するには、基本波に対する反射防止膜18a、18bを光波長変換素子13の入射端面13a、射出端面13bに形成する。高調波に対する干渉ノイズを低減するには高調波に対する反射防止膜18a、18bを光波長変換素子13の入射端面13a、射出端面13bに形成するのが効果的である。従って、光波長変換素子13の入射端面13a、射出端面13bに基本波、高調波の2波長に対する2波長反射防止膜18a、18bを形成するのが有効である。特に干渉ノイズに関しては、反射光の光路も考慮して、従来単一波長に対する反射防止膜を形成していた面も2波長に対する反射防止が必要である。

【0054】第2点は、半導体レーザ12の射出端面12aに、光波長変換素子13により変換された光 $\lambda_s$ の光に対する反射防止膜14を形成した点にある。特に半導体レーザ12の発振効率等の低下を避けるためには、半導体レーザ12の発振光に対する反射条件と、波長変換光 $\lambda_s$ に対する反射防止の特性を兼ね備えた反射防止膜14を構成する必要がある。半導体レーザ12の射出端面12aには、半導体レーザ12の発振効率を高め、半導体レーザ12の端面破壊を防止するため、半導体レーザ12の光に対する反射光を低減する多層膜を形成する。半導体レーザ12のから射出される光に対しては従来通りの反射率を有し、外部からの高調波に対しては反射防止効果を有する多層膜構造にすることで、半導体レ

ーザ12の作製プロセス、コストを変えることなく、光波長変換素子13に適した半導体レーザ12が実現できる。

【0055】本発明のコヒーレント光源11の構成では、光波長変換素子13と半導体レーザ12を直接結合した構成に特に有効である。半導体レーザ12と光波長変換素子13を直接結合すると、光波長変換素子13の光導波路16の入射端面と半導体レーザ12の出射端面12aが近接する。このため、外部からの戻り光は、半導体レーザ12の出射端面12aで反射されて、容易に光導波路16と結合し、干渉ノイズ成分となる。これに対し、レンズ系等を用いて半導体レーザ12と光波長変換素子13を構成した場合は、半導体レーザ12の出射端面12aの反射はそれほど問題とならない。

【0056】例えば、レンズ系によって、半導体レーザ12の光を光波長変換素子13に結合させた場合を考える。変換光が光導波路を伝搬した後、光波長変換素子13入射端面13aから出射され、レンズ系を通過して半導体レーザ12の出射端面12aに到達する。この出射端面12aで反射して再び、レンズ系を通過して光導波路16に入射すると干渉ノイズ成分となる。しかし、実際にこの経路を通過して干渉ノイズ成分になる光量は非常に小さい。これは、半導体レーザ12の光と変換光の波長が異なるため、レンズ系の色収差が発生するからである。半導体レーザ12の光に対して構成されたレンズ系においては、変換光に対して収差が大きくなり、同様の光路を通過しても集光特性が劣化し、光導波路16に結合する量は大幅に低下するからである。

【0057】以上、導波型光デバイスにSHG素子13を用いた例を挙げて本発明の実施の形態を説明したが、導波型光デバイスは特にSHG素子に限らない。例えば高速変調素子や位相シフタ、周波数シフタ、偏光制御素子など、導波型光デバイスとして様々な機能、構成のものが考えられるが、こうした導波型光デバイスとコヒーレント光源を用いた光学系全てに本発明の導波型光デバイスを応用可能である。

【0058】但し、SHG素子13を用いたコヒーレント光源11では半導体レーザ12として可干渉性の高いDBR半導体レーザを用いて可干渉性の高い高調波を発生することが多いため、逆に干渉ノイズも発生しやすく、本発明の導波型光デバイスと組み合わせることで特に効果的に干渉ノイズを低減することができる。例えば、半導体レーザ12が波長の異なる2つ以上の半導体レーザ12であり、半導体レーザ12より出射した波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3 \dots \lambda_n$ の基本波を、光波長変換素子13により波長 $\lambda_{s1}$ 、波長 $\lambda_{s2}$ 、波長 $\lambda_{s3} \dots \lambda_{sn}$ の高調波に変換するコヒーレント光源11においては、 $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ 、 $\lambda_{s3} \dots \lambda_{sn}$ の高調波に対する干渉ノイズの低減が必要になる。この場合、半導体レーザ12の出射端面12aに $\lambda_{s1}$ 、 $\lambda_{s2}$ 、 $\lambda_{s3} \dots \lambda_{sn}$

に対する反射防止膜14の形成が必要となる。この場合、特に干渉ノイズの低減が必要な波長が決まっていれば、その波長に対する反射防止膜14を形成すればよい。

【0059】また共焦点光学系として光ピックアップ光学系を例示して説明したが、レーザ走査顕微鏡など、他のコヒーレント光学系にも適用可能であることは言うまでもない。但し、光ピックアップ光学系では、被測定物の光ディスク23が高い反射率を持つこと、常に光ディスク23上に光を集光するように集光レンズ22が位置制御されて共焦点系を保つこと、光ディスク23が上下に運動するため干渉条件が刻々変化し、干渉ノイズを生じやすいことなどから、本発明の導波型光デバイスは光ディスクピックアップに、特に有効となる。さらに、光ファイバーを用いる光学系においても、共焦点光学系と同様の干渉ノイズが発生するので、ファイバーを用いた光学系においても有効である。

【0060】また、本実施の形態は、半導体レーザ12の入射端面12a、光波長変換素子13の入射端面13aと出射端面13bとに、反射防止膜14、18a、18bを形成した場合を説明したが、半導体レーザ12の入射端面12aと光波長変換素子13の入射端面13aとに反射防止膜14、18aを形成してもよいし、半導体レーザ12の入射端面12aと光波長変換素子13の出射端面13bとに反射防止膜14、18bを形成してもよい。また、半導体レーザ12の入射端面12aに反射防止膜14を形成してもよいし、光波長変換素子13の入射端面13aと出射端面13bとに、反射防止膜18a、18bを形成してもよい。

【0061】本実施の形態では、光波長変換素子13の出射端面13bを、光導波路16に対して斜めに形成した場合を説明したが、図4に示すように、光波長変換素子13を略直方体状に形成してもよい。

【0062】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は、半導体レーザの出射端面に変換光に対する反射防止膜を形成することで、外部からの反射戻り光が干渉ノイズとなることを防ぎ、干渉ノイズのない安定な光源を提供できる。

【0063】また、光波長変換素子の入射端面、出射端面に基本波、高調波の2波長に対する2波長反射防止膜を形成し、半導体レーザの戻り光ノイズ、高調波に対する干渉ノイズを低減できる。

【0064】また、本発明の光学装置は、本発明を用いることで、安定な出力特性が得られる。共焦点光学系を構成した場合に問題となっていた変換光の反射により発生する干渉ノイズを防止し、低ノイズで安定な光学装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光学装置を示す図

【図2】図1で示す光学装置の上面図

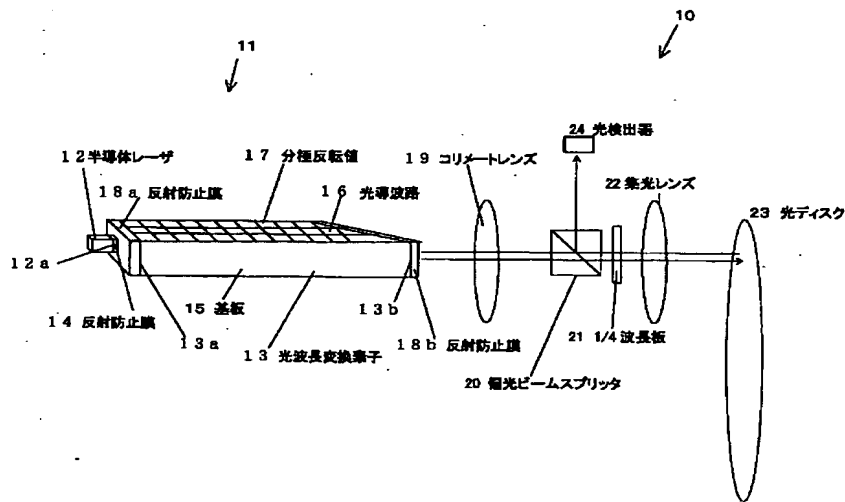


- 13  
 【図3】コヒーレント光源を示す図  
 【図4】他の実施の形態を示す図  
 【図5】従来技術を示す図  
 【図6】従来技術を示す図  
 【図7】図6で示す従来技術の上面図

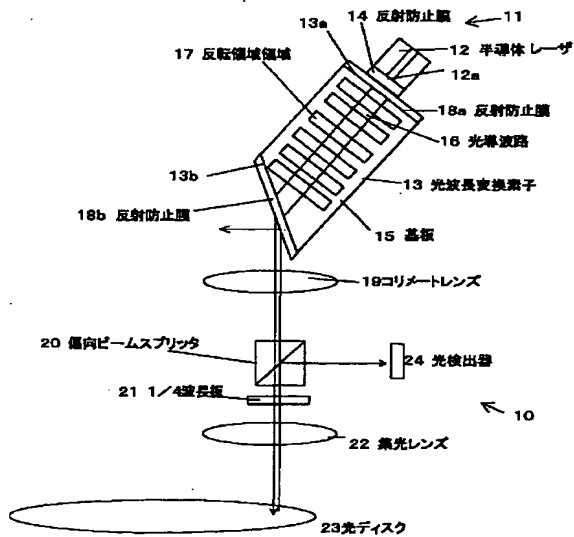
- \*【符号の説明】  
 12 半導体レーザ  
 13 波長変換素子  
 14、18 反射防止膜

\*

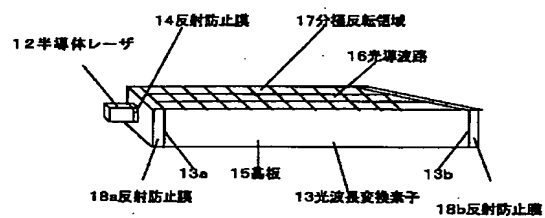
【図1】



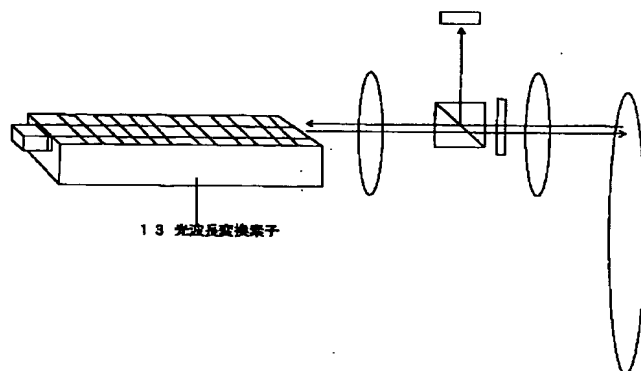
【図2】



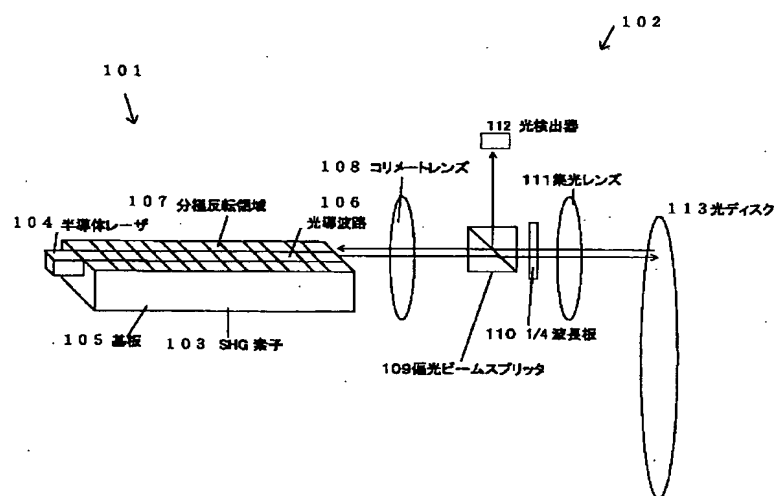
【図3】



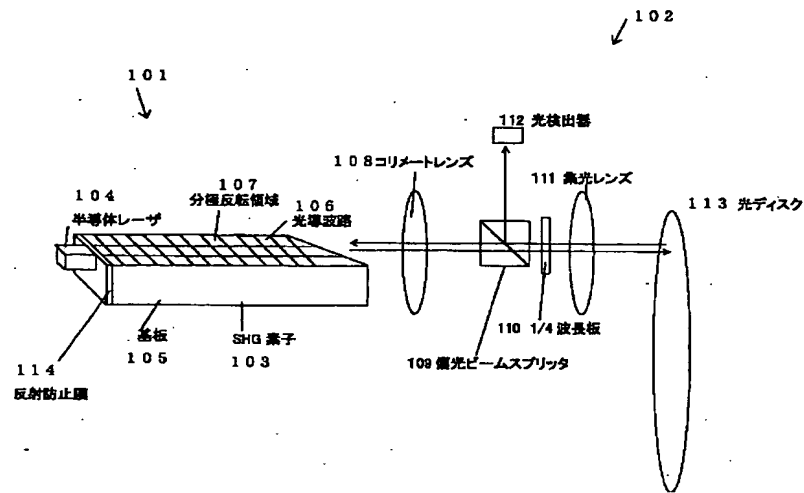
【図4】



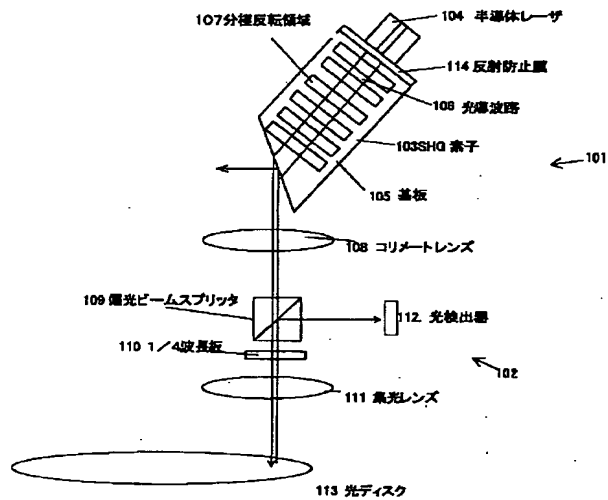
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 笠澄 研一  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 北岡 康夫  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

F ターム(参考) 2K002 AA05 AB12 BA01 CA03 DA06  
EA03 EA25 EA30 GA10 HA20  
5D119 AA11 AA12 AA22 AA41 BA01  
EB02 EC45 EC47 FA05 FA08  
HA38 HA63 JA29 JA35 JA36  
JA65  
5F073 AA65 AA83 AB23 BA05 EA27

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**